APLICAÇÃO SIG NA ELABORAÇÃO DE CARTOGRAFIA TEMÁTICA DE BASE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO UÍMA – SANTA MARIA DA FEIRA

Rita FARIA[1]
António PEDROSA[2]

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Rio Uíma desde sempre foi uma área protegida pela importância ambiental que possui. No entanto, a crescente pressão urbanística das últimas décadas e a ocorrência de erros urbanísticos derivados, levou ao interesse do seu estudo, numa perspectiva de exploração das suas características, no âmbito da ocorrência de inundações em meio urbano.

A utilização de técnicas geo-espaciais, tais como o GPS e o SIG, contribuiu para a realização de cartografia temática que servirá, futuramente, de apoio à elaboração de uma análise da área em estudo e posterior estabelecimento de um quadro de medidas mitigadoras dos efeitos dos riscos naturais e induzidos por via antrópica.

Neste artigo serão abordadas as técnicas de aquisição/tratamento de informação geográfica com vista à elaboração de cartografia temática.

Neste sentido, foram elaboradas cartas de estudo tais como: hipsométrica, declives, orientação das encostas, direcções de escoamento, áreas de acumulação de água, bacias hidrográficas, ocupação do solo, evolução do aglomerado urbano, entre outras.

Serão apresentadas as potencialidades dos SIG para a elaboração de cartografia temática, bem como a importância desta para a análise de problemas ambientais em meio urbano.

INTRODUÇÃO

O Concelho de Santa Maria da Feira localiza-se no Norte de Portugal e integra-se na Área Metropolitana do Porto (fig.1).

A nível morfológico distinguem-se duas grandes unidades: a nascente as bacias hidrográficas do Rio Inha e Uíma, que desaguam no Rio Douro, e a poente um conjunto de pequenas bacias hidrográficas de pequenas ribeiras que de dirigem para o Oceano Atlântico.

A área de estudo é uma secção da bacia hidrográfica do Rio Uíma, que se situa na transição de formas de relevo mais acidentadas a nascente, e de formas onde predominam declives mais suaves a poente.

A Bacia Hidrográfica do Rio Uíma desde sempre foi uma área importante do Concelho de Santa Maria da Feira, em termos paisagísticos e ambientais. O crescimento populacional das últimas décadas e a pressão urbana daí derivada têm conduzido a uma ocupação desordenada do solo, abrangendo áreas anteriormente reservadas à dinâmica natural, assistindo-se desta forma, a conflitos entre as actividades humanas e o meio biogeofísico.

[1]Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Estudante de Doutoramento, ritafaria@portugalmail.com
[2]Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Professor Associado, Departamento de Geografia, aspedros@letras.up.pt

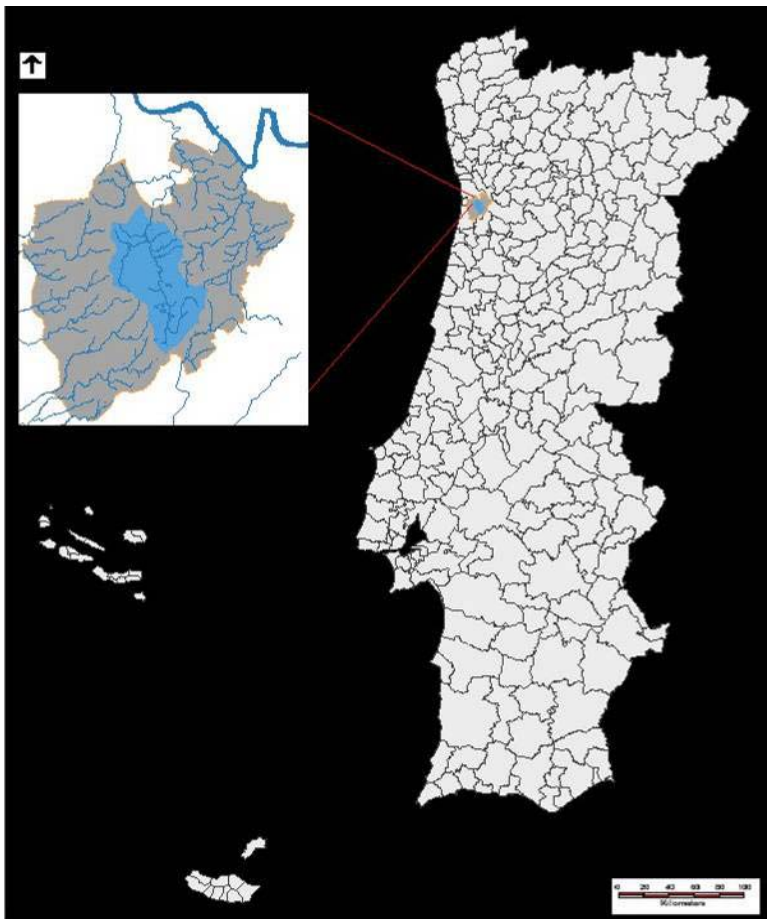

Figura 1. Enquadramento Regional

O actual debate em torno das questões ambientais não deve ser dirigido apenas à natureza, mas também à sociedade (MARTINELLI, 2001) e aos agentes que dela fazem parte.

Apesar dos factores naturais constituirem, em muitos casos um factor de risco, a acção antrópica sobre a área não é menos importante (REBELO, 2001), tendo, muitas vezes, efeitos e consequências a longo prazo. A cartografia elaborada para as questões ambientais deve reflectir as inter-relações entre os componentes natureza e a sociedade.

Para a caracterização biogeofísica, que servirá de suporte a futuras análises da área, elaborou-se um conjunto de mapas temáticos, que, através de exercícios de análise, poderão contribuir para um conhecimento integrado da área.

Para tal, foram utilizadas ferramentas SIG, tanto para aquisição como para o tratamento de informação geográfica e posterior elaboração de cartografia.

O uso destas ferramentas é muito importante quando se trata do planeamento e gestão de bacias hidrográficas. “A visão integrada dos problemas da água, numa bacia hidrográfica, requer uma abordagem assente em múltiplos critérios, para o que os SIG podem constituir uma ferramenta essencial de gestão” (SARAIVA, 1999, apud GOULTER e FORREST, 1987).

Os SIG’s oferecem um conjunto de potencialidades no que se refere à cartografia aambiental, uma vez que a partir de toda a aquisição, manipulação e integração de informação, é possível a geração de cartas temáticas, possibilitando a relação dos elementos característicos do meio físico com os elementos socio-económicos da bacia hidrográfica.

Quando isoladas, estas cartas revelam-se apenas como uma síntese de determinadas características biogeofísicas do terreno. Contudo, e como não se pretende que as análises

sejam encaradas como meras descrições, mas sim que constituam uma análise conjunta dos vários factores que expressam a realidade da área, utilizaram-se ferramentas SIG, como meio que permite avaliar as relações entre vários temas de forma rápida, e precisa, que são determinantes no planeamento e ordenamento do território. A sistematização dos processos leva a que as análises sejam mais flexíveis, permitindo que se façam variar os temas e critérios estabelecidos assim como integrar outra informação, de modo a introduzir melhorias nos modelos construídos (Magalhães, 2001).

MÉTODOS e TÉCNICAS

Serão apresentadas neste trabalho as diversas fontes de aquisição de informação, bem como a sua utilização para a elaboração de cartografia temática para a secção seleccionada da Bacia Hidrográfica do Rio Uíma.

Para a elaboração desta cartografia procedeu-se, inicialmente, à recolha de informação sua actualização sempre que possível, e posterior tratamento. Foram utilizados o software SIG Geomedia® Professional 5.1 e o Geomedia® GRID 5.1 (Integraph® Corporation).

Tabela 1. Material disponível

Material
Cartografia 1/1.000 e 1/2000 voo fotogramétrico de 1993, Câmara Municipal Santa Maria da Feira
Ortofotomapas 1/5.000 voo fotogramétrico de 2000, Câmara Municipal Santa Maria da Feira
Carta Militar 1/25.000 de 1998, IgeoE (cedido pela Câmara Municipal de Santa Maria da Feira)
Carta Militar 1/25.000 de 1970, IgeoE (cedido pela Câmara Municipal de Santa Maria da Feira)
Edificação, (cedido pela Câmara Municipal de Santa Maria da Feira)
- Rede Viária, (cedido pela Câmara Municipal de Santa Maria da Feira)
- BGRI 2001, INE (cedido pela Câmara Municipal de Santa Maria da Feira)
- Carta Geológica 1/50.000, IGM (cedido pela Câmara Municipal de Santa Maria da Feira)
COS'90 – IGP (Actualizada através de fotografia aérea e levantamento de campo)

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A primeira cartografia gerada para a caracterização biogeofísica foram as bacias hidrográficas para o Concelho de Santa Maria da Feira, e posterior selecção da área de estudo. Assim, individualizou-se a secção da Bacia Hidrográfica do Rio Uíma inserida neste concelho como unidade de estudo, que corresponde fundamentalmente á área das cabeceiras.

Para uma análise das características físicas/morfológicas da área de estudo, foram elaboradas uma série de cartas temáticas, todas elas com origem nas curvas de nível.

Desta forma, e com base na cartografia 1/25.000 do Instituto Cartográfico do Exército (IGeoE), foi gerada a carta hipsométrica (fig. 2) a partir do modelo digital de terreno, que representa a topografia do terreno, de uma forma matricial.

A análise da carta hipsométrica permite caracterizar a topografia e individualizar com facilidade as unidades que compõem a área. As ferramentas utilizadas para este efeito

permitem ainda elaborar o histograma de frequências altimétricas (fig. 3), a partir do qual é possível encontrar as altitudes características da bacia.

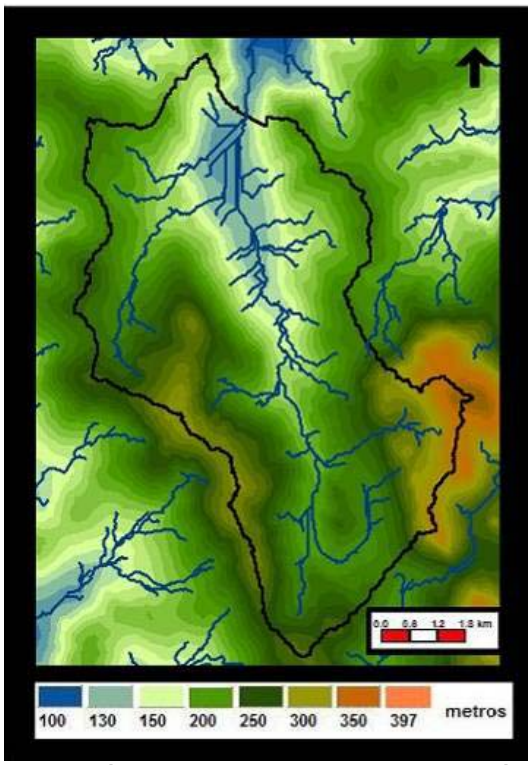

Figura 2. Carta Hipsométrica da Secção da Bacia Hidrográfica do Rio Uíma

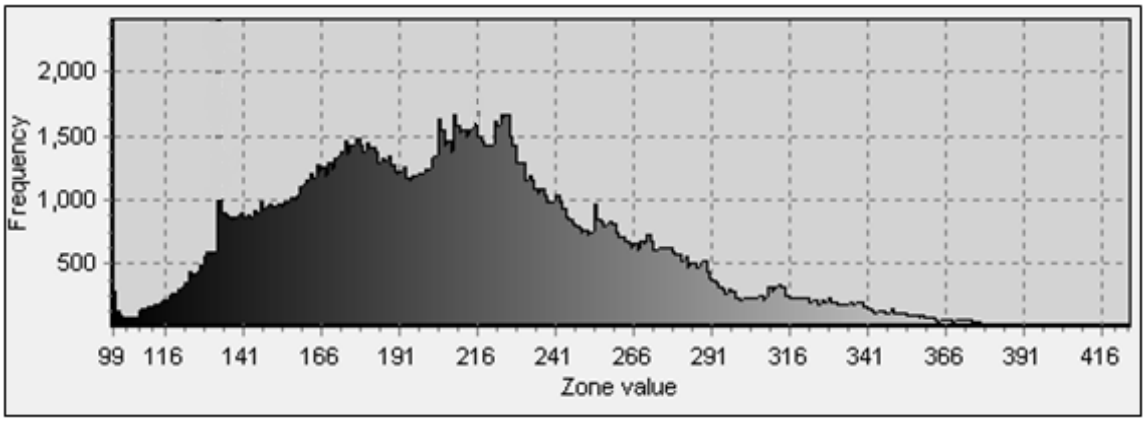

Figura 3. Frequências Altimétricas da secção seleccionada da Bacia Hidrográfica do Rio Uíma

Através da topografia procedeu-se ao cálculo das direcções de escoamento do terreno (fig.4 – A), que permitiram encontrar as áreas de acumulação de água (Fig.4 – B) onde o valor de cada célula representa o número de células a montante que escoam na sua direcção. Aqui pode ser estabelecida a diferença entre linhas de água permanentes e não permanentes, factor que se relaciona directamente com a dinâmica de escoamento superficial e muito importante para o ordenamento do território e para a gestão de riscos naturais.

O tema "direcções de escoamento" é de extrema importância uma vez que integra os valores das exposições com os dos declives, contribuindo assim para a avaliação da aptidão da vertente. (Magalhães, 2001)

O cálculo e delimitação das bacias hidrográficas (fig. 5) teve como base as direcções de escoamento a partir de cada célula não vazia, de forma a determinar os seus limites. O conjunto das várias sub-bacias contribui para a delimitação da bacia hidrográfica. Esta foi a

metodologia utilizada para o cálculo da Bacia Hidrográfica do Rio Uíma, e posterior selecção da secção inserida no concelho de Santa Maria da Feira para análise hidrológica.

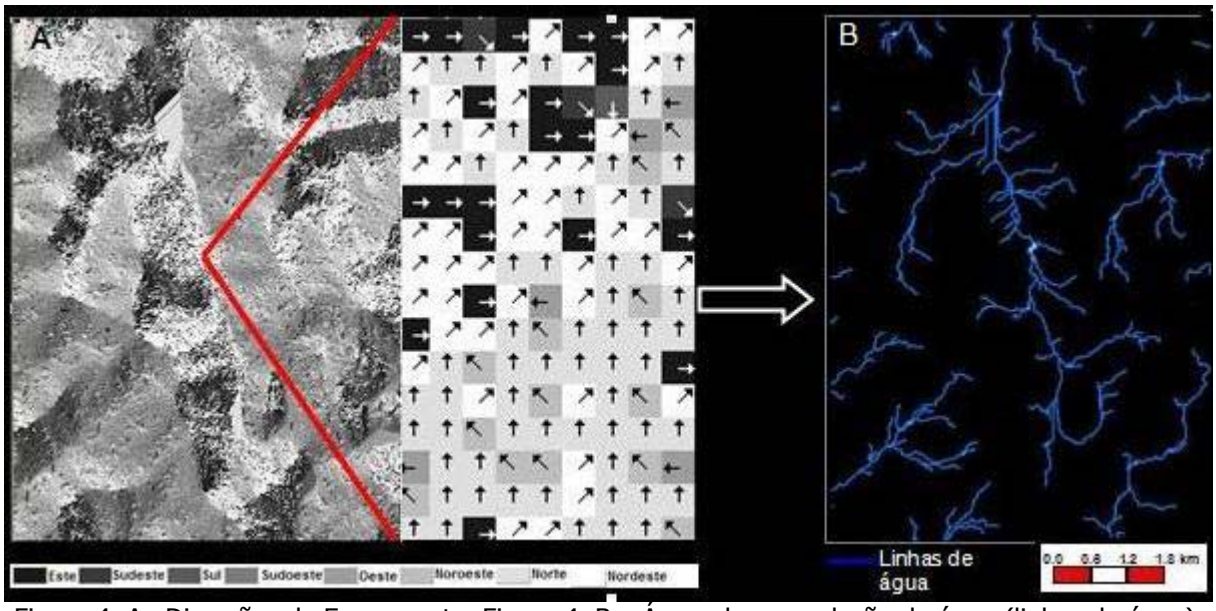

Figura 4. A –Direcções de Escoamento. Figura 4. B – Áreas de acumulação de água (linhas de água).

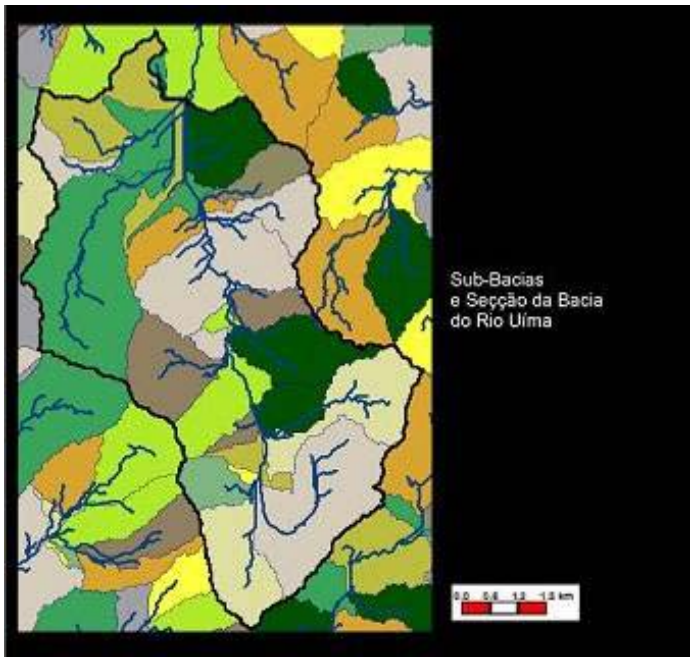

Figura 5. Sub-bacias hidrográficas e secção da Bacia Hidrográfica do Rio Uíma seleccionada para análise.

Outra informação gerada a partir do MDT é a carta de declives (fig. 6) que constitui uma das formas de caracterização do terreno, sendo um dos indicadores indispensáveis ao planeamento, pelos limiares que estabelece. Por exemplo, as áreas com declives de 0 a 2 graus são áreas relativamente planas, onde practicamente não há escorrência, iniciando-se esta a partir dos 2/3 graus. Estes intervalos são importantes, pois podem ser tidos em conta quando analisamos a dinâmica do escoamento superficial.

Esta carta é de elevada importância, pois, para além de contabilizarmos de imediato o tipo de declives que predominam na área, podemos de imediato obter informação sobre as áreas planas do terreno, e quando conjugada com a carta hipsométrica permite um resultado ainda mais fino, uma vez que nos demonstra a intersecção os declives e as altitudes. Esta é uma análise que pode ser muito valiosa para uma primeira percepção de

áres potencialmente inundáveis (fig. 7), uma vez que estas, tendo em conta unicamente as características físicas da bacias, serão mais frequentes nas áreas de baixa altitude mas com declive muito baixo ou quase nulo, já que são locais onde, no caso de saturação do solo, a água vai deixar de escoar para começar a acumular.

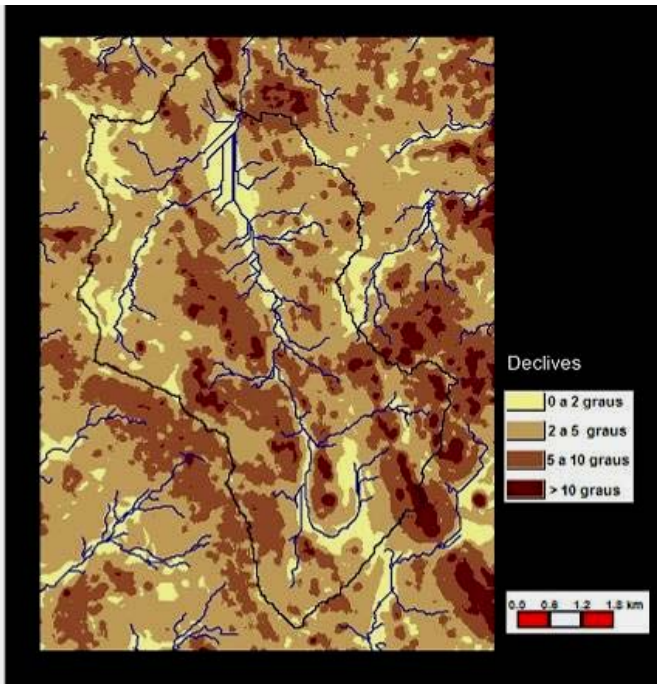

Figura 6. Carta de Declives

Para estabelecer esta intersecção entre os dois temas, foi feita uma poderação aos seus valores, atribuindo-se pesos de 0 a 50, conforme esses valores tivessem mais ou menos interferencia na ocorrencia de cheias, em alturas de precipitações elevadas.

Assim os pesos atribuidos representam-se nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Valores para ponderação Declives

	Declives
Peso 1	> 5 graus
Peso 40	2 a 5 graus
Peso 50	0 a 2 graus

Tabela 3. Valores para Ponderação Hipsometria

	Hipsometria
Peso 1	> 200 metros
Peso 40	150 a 200 metros
Peso 50	0 a 150 metros

Para este tipo de análises, também a carta litológica (fig. 8) é imprescindível, uma vez que nos vai dar informações sobre o suporte físico existente, e que posteriormente nos permite determinar a sua maior ou menor capacidade de infiltração.

O seu cruzamento com as áreas que se encontram impermeabilizadas é um dos tratamentos mais interesantes , pois, muitas vezes as formações mais permeáveis encontram-se muito impermeabilizadas através de construções/vias. O facto de se lhe retirar o carácter permeável vai contribuir significativamente para o aumento da escorrência com consequente aumento dos caudais dos pequenos cursos de água. Assim, observa-se que na sub-bacia do Rio Uíma, existem várias construções que ocupam áreas de aluviões e de granitóides, que nesta área são formações que permitem uma certa infiltração, já que se comportam como rochas com um garu de permeabilidade elevada. Este tipo de análise ajuda a compreender a acção do homem sobre o meio e a falta de

sensibilidade para questões ambientais por parte de entidades responsáveis pelo ordenamento do território.

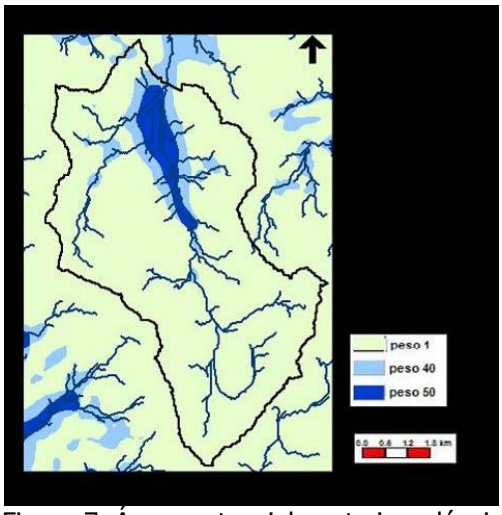

Figura 7. Áreas potencialmente inundáveis

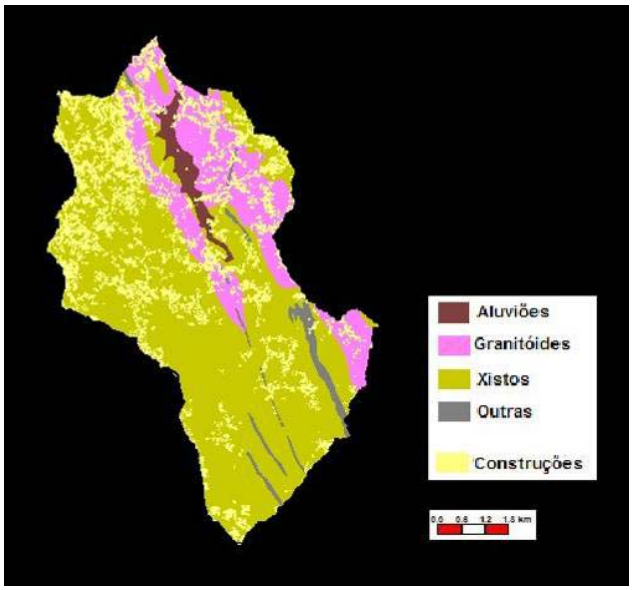

Figura 8. Litologia

No entanto, não são apenas os aspectos relacionados com a morfologia do terreno que se mostram importantes para um bom e rigoroso conhecimento da área.

Como foi referido anteriormente, os elementos naturais podem constituir factores de risco, no entanto, é da relação sociedade/natureza que surgem os maiores conflitos, uma vez que onde não existem infra-estruturas ou onde não exista população, consideramos inexistência de vulnerabilidade. Esta passa a estar presente a partir do momento que o homem implanta as suas actividades ou infra-estruturas, colocando-se ele próprio em risco.

Deste modo é imperioso conhecer a ocupação do solo como evoluiu essa ocupação, assim como se faz a distribuição da população nesse mesmo território e, ainda com se a implantaram as suas actividades. Todos estes factores conjugados permitem compreender a área de forma holística.

A evolução da mancha urbana (Fig.9) foi analisada em vários períodos, permitindo assim efectuar evolução diacrónica do crescimento urbano.

Esta análise foi feita com base em cartografia de datas e escalas distintas: 1973, 1983, 1993 e 2001.

A evolução da ocupação do solo demonstra com clareza a substituição de áreas florestais e agrícolas por áreas impermeabilizadas. A partir do momento que se vai impermeabilizando a vertente esta vai perdendo a sua capacidade de infiltração, o que vai provocar o aumento da velocidade do escoamento superficial e consequente aumento do pico de cheia a jusante. Em Santa Maria da Feira, em particular, na secção da bacia hidrográfica do Rio Uíma, verifica-se que foi na década 81/91 que se verificou uma maior expansão de áreas impermeabilizadas.

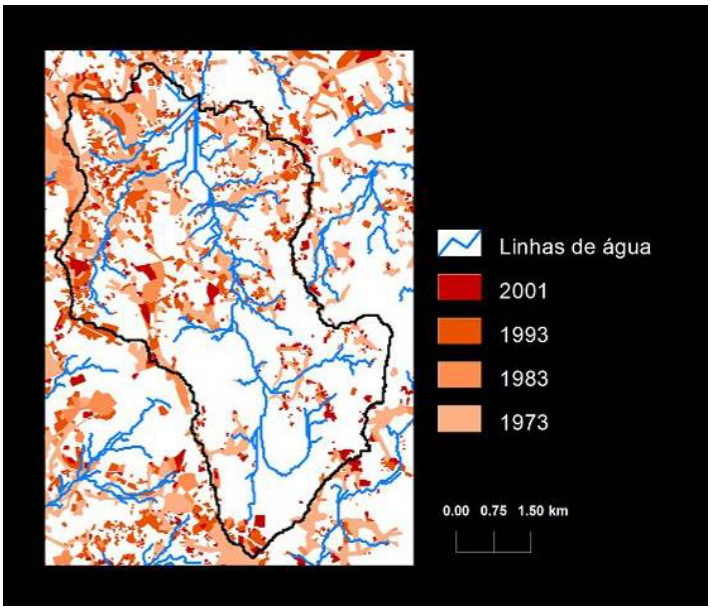

Figura 9. Evolução da mancha urbana de 1973 a 2001

A combinação da análise da cartografia digital e dos Ortofotomapas (escala 1/5.000 voo de 2000) permitiu encontrar as diferentes classes de ocupação do solo (Fig.10): áreas impermeabilizadas, áreas agrícolas e áreas florestais.

Contudo, ao analisar uma bacia hidrográfica com o objectivo de encontrar pontos de conflito, é importantíssimo que numa carta de ocupação do solo se distingam o tipo e o grau de cobertura vegetal, uma vez que este revestimento pode ter um papel fundamental na maior ou menor capacidade de infiltração e no volume de escoamento superficial. As áreas mais urbanizadas, pelas características que apresentam, necessitam de mecanismos que regulem e retardem o volume de escoamento superficial, e o tipo de vegetação e o grau de cobertura vegetal pode ter um papel preponderante nesse aspecto.

Para este efeito, a carta de ocupação do solo, para além das classes de ocupação, inclui também informação sobre o tipo e grau de cobertura vegetal (através da carta Cos'90 do IGP, e actualização com base em ortofotomapas, cartografia, reconhecimento de campo e levantamento GPS) da qual consta informação relativa ao tipo de ocupação (ex: áreas urbanas, areas agrícolas, áreas florestais), classes de ocupação (folhosas, resinosas, povoamento florestal misto, territórios, agro-florestais etc.) e sub-classes do tipo de ocupação (tipo e grau de cobertura).

Outro tipo de informação relacionada com o grau de ocupação do solo é a da distribuição da população na área (fig. 11). Para a análise desta distribuição cartografou-se a densidade populacional por subsecção[3], que nos permite uma análise mais pormenorizada da variável. Para tal, utilizaram-se dados dos censos 2001 do Instituto Nacional de Estatística (INE).

[3] Subsecção: Unidade territorial que identifica a mais pequena área homogénea de construção ou não, existente dentro da secção estatística. Corresponde ao quarteirão nas áreas urbanas, ao lugar nas areas rurais, ou a áreas residuais que podem conter ou não alojamentos (INE)

Assim, podem estabelecer-se relações entre a densidade de ocupação e a evolução da mancha urbana, observando, neste caso, que o noroeste é a área que desde 1973 mais cresceu e onde se encontra também um maior número de pessoas por unidade de superfície.

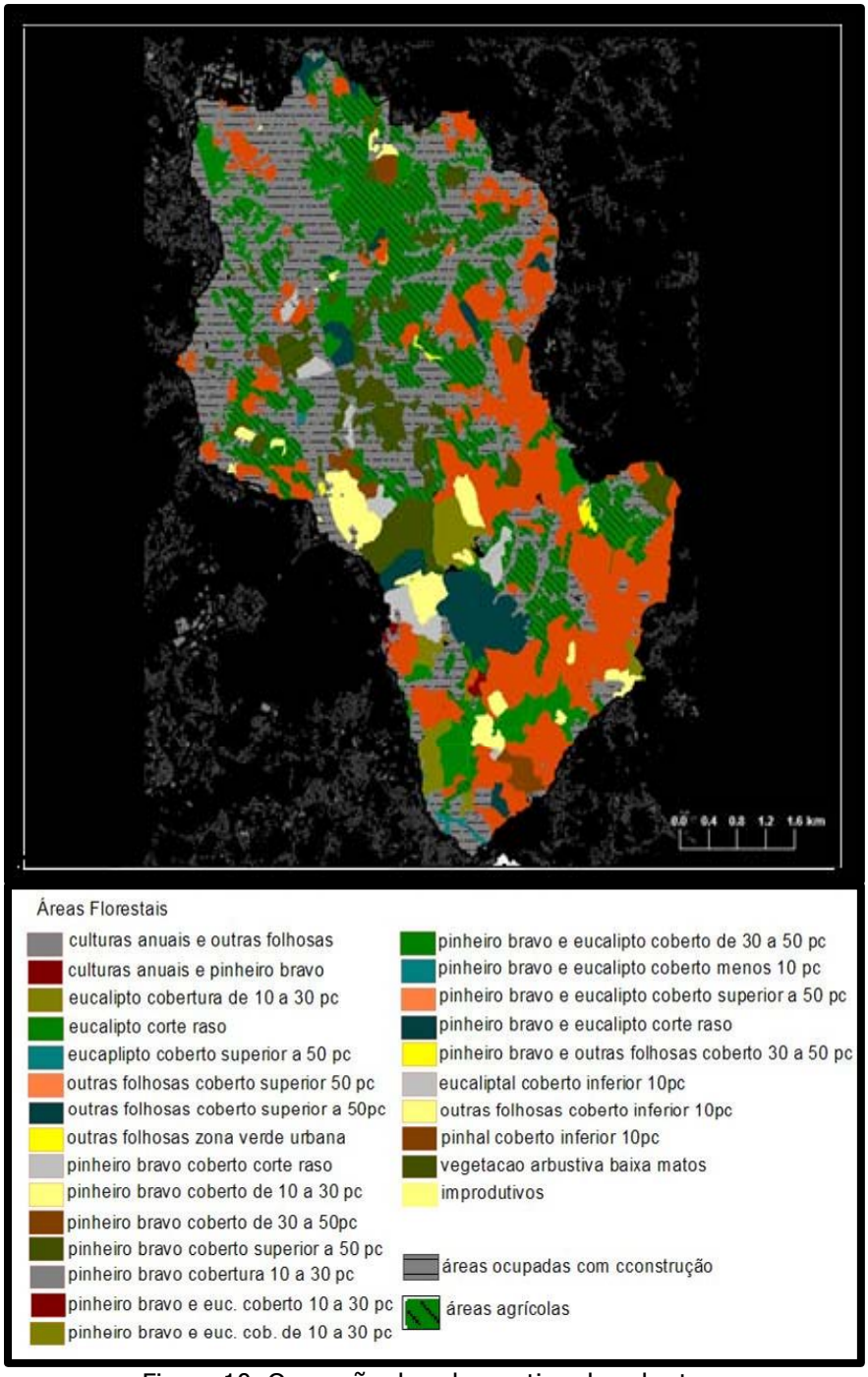

Figura 10. Ocupação do solo por tipo de cobertura

A aplicação de sistemas de informação geográfica à elaboração de cartografia temática, permite o cruzamento e análise de todo o conjunto de variáveis em estudo. Só a partir desta integração é possível partir para modelos de simulação hidrológica da área, uma vez que a aplicação de um modelo hidrológico à bacia hidrográfica em análise pressupõe diversos inputs e outputs ao sistema. É importantíssimo ter em conta não só as características físicas da área, mas também toda a dinâmica relacionada com a ocupação humana.

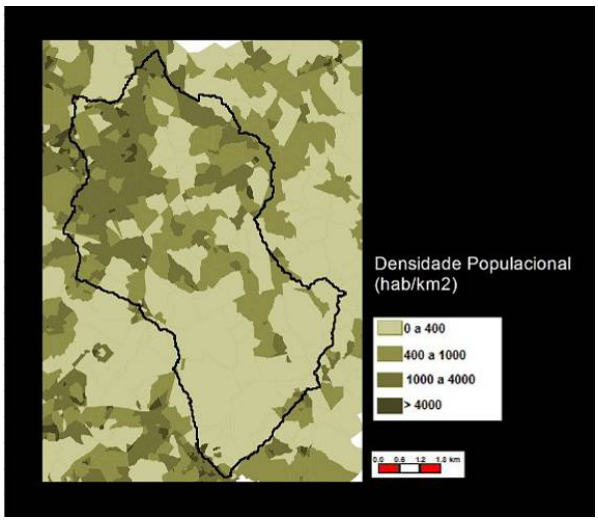

Figura 11. Densidade Populacional por subsecção

A figura 12 representa a potencial subida do leito do rio tendo em conta exclusivamente as características morfológicas da área. Assim, verifica-se que, no caso de uma subida do leito de 1 a 5 metros, exitem áreas vulneráveis, que seriam afetcadas.

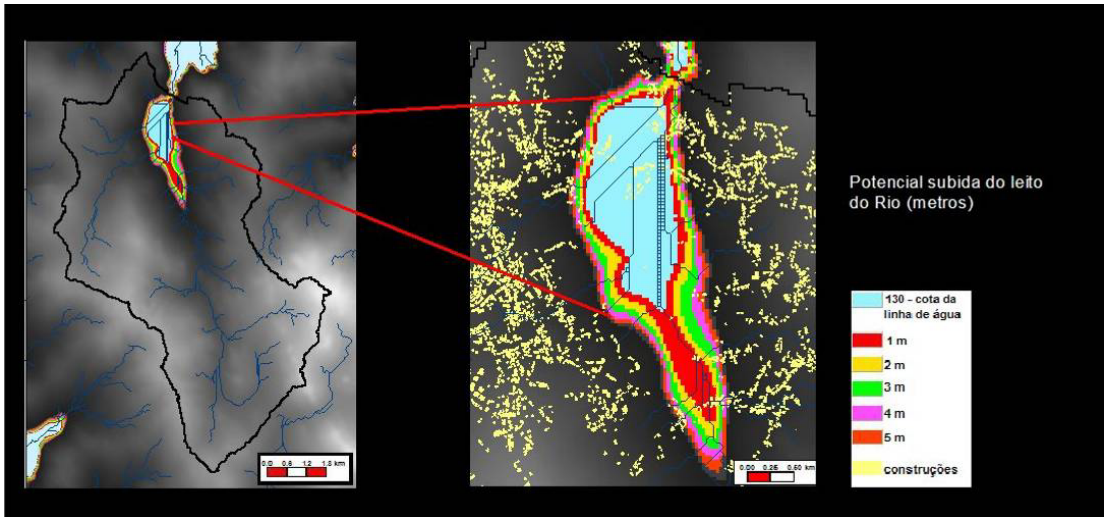

Figura 12. Simulação de subida do leito do rio de 1 a 5 metros tendo em conta a morfologia do terreno

No entanto, nem a componente física, nem a humana, por si só, permitem uma visão de conjunto das características da bacia, e a sua compreensão torna-se mais completa quando se estabelece o cruzamento entre as diversas variáveis que lhe são inerentes. É importantíssimo conhecer a intervenção humana no meio biogeofísico, uma vez que essa acção é que pode tornar a área vulnerável a determinado risco.

É exemplo desta vulnerabilidade o acontecimento ocorrido na freguesia de Caldas de S. Jorge, em 2001. Esta ocorreu devido à existência de um muro transversal à linha de água, em que a parte inferior é constituída por uma secção de vazão para o caudal do rio, mas que se revela insuficiente em épocas de precipitações elevadas. A linha de água no ponto A (fig. 12) encontra-se à cota 162 m, e o ponto B à cota 130 m. Numa situação normal, mesmo com valores de precipitação intensa, mas sem estrangulamentos causados pela antropização do meio, essa inundação não teria ocorrido pois a água teria possibilidade de escoar para jusante, para as áreas mais baixas. Analisando a morfologia do terreno, o ponto A só teria inundado se no ponto B a subida do leito do rio tivesse sido na ordem dos 23 metros, o que é quase impossível de acontecer em termos naturais dada a dimensão da sub-bacia em análise.

Desta forma, estamos perante um exemplo que demonstra claramente que a acção humana, ao contrariar as características naturais do meio biogeofísico, contribui decisivamente para a sua degradação. Assim, a cartografia temática tem um papel essencial para analisar as características de uma área, no entanto, é necessário ter em conta que elas são constantemente alteradas pelo homem, daí a importância das ferramentas SIG, para que haja uma constante actualização de informação, permitindo assim conhecer as antropização do meio biogeofísico e os danos que daí podem surgir.

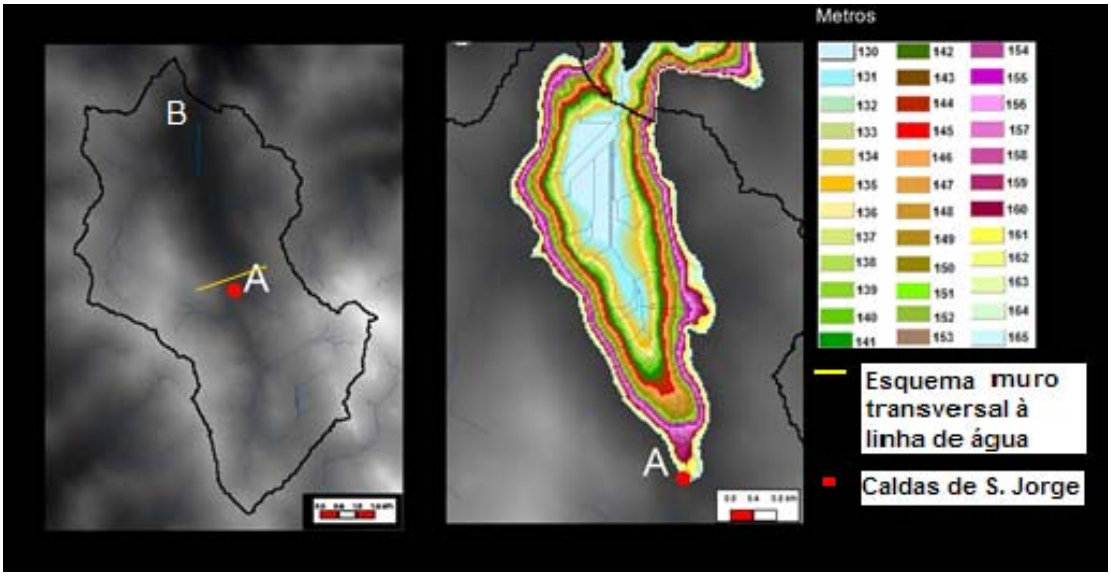

Figura 12. Esquema de estrangulamento do leito do rio em Caldas de S. Jorge

CONCLUSÕES

Através de toda a cartografia elaborada é possível estabelecer um diagnóstico da área, determinando áreas críticas e assinalar pontos de conflito. Para além da determinação de áreas de potencial risco de inundação, pode ainda ser determinada a vulnerabilidade dessas áreas mediante o conhecimento da ocupação da área.

A utilização de ferramentas SIG tem inúmeras potencialidades no que diz respeito à aquisição de informação geográfica e seu tratamento e posterior elaboração de cartografia temática. Os SIG's são elementos de grande interesse no que diz respeito ao diagnóstico dos processos de degradação ambiental, em particular, e ao planeamento e ordenamento de território, em geral, oferecendo várias potencialidades na gestão de informação.

A cartografia elaborada permite efectuar sínteses uma vez que proporciona a integração de vários tipos de informação num único sistema, estabelecendo-se inúmeras relações entre a informação de cada layer.

A simulação de fenómenos dinâmicos também é permitida, uma vez que há a possibilidade de ensaio de estratégias, possibilitando um vasto leque de alternativas. Assim, e através da visualização de variadíssimas representações gráficas, é possível estabelecer a relação entre a protecção ambiental e o desenvolvimento socio-económico. (SARAIVA; 2001).

No caso particular da gestão de bacias hidrográficas, a utilização de SIG demonstra-se fundamental para análise de grandes volumes de informação, possibilitando análises espaciais complexas assim como pode permintir a gestão dos riscos de inundação em tempo real.

É possível uma abordagem a temas múltiplos de uma forma integrada, havendo uma interligação entre os elementos físicos e/ou naturais e os elementos de socio-económicos.

Esta interligação permite analisar a influência que determinadas acções humanas têm no terreno, e os impactes que daí podem surgir.

REFERÊNCIAS

BATEIRA, C., **"Movimentos de Vertente no NW de Portugal, Susceptibilidade Geomorfológica e Sistemas de Informação Geográfica"**, Tese Doutoramento, FLUP, 2001.

HENRIQUES, R., **"Os SIG e a Modelação Hidrológica no domínio das águas de Superfície"**, Lisboa: LNEC, Teses e Programas de Investigação, 1996.

MAGALHÃES, M. **"Arquitectura Paisagista, morfologia e complexidade"** Editorial Estampa, Lisboa: 2001, p. 353-383

MARTINELLI, M., PEDROTTI, F**., "A cartografia das Unidade de Paisagem: Questões metodológicas"**, Revista do Departamento de Geografia n.14, p. 39-46, 2001, acedido em http://www.bibvirt.futuro.usp.br/textos/hemeroteca/rdg/rdg14/rdg14_07.pdf a 3 de Junho de 2005

SARAIVA, M.G. **"O Rio como paisagem – Gestão de corredores fluviais no quadro do ordenamento do território"** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1999, p.315-378